



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 012 209 T2** 2009.03.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 526 251 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 012 209.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 256 453.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **20.10.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.04.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **05.03.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.03.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F01D 5/18** (2006.01)  
**F01D 9/02** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**690915            22.10.2003    US**

(73) Patentinhaber:

**General Electric Co., Schenectady, N.Y., US**

(74) Vertreter:

**Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, GB, IT**

(72) Erfinder:

**Zatorski, Darek Tomasz, Florence, KY 41042, US;  
Wills, Humphrey Martin, Oadby, Leicester LE2  
4PH, GB**

(54) Bezeichnung: **Kühlkonfiguration für eine Turbinenschaufel**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf Gasturbinenriebwerke bzw. -motoren und insbesondere auf in ihnen angeordnete Turbinenleit-einrichtungen.

**[0002]** In einer Gasturbine wird Luft in einem Verdichter unter Druck gesetzt und mit einem Treibstoff vermischt, um in einer Brennkammer heiße Verbrennungsgase zu erzeugen. Die heißen Gase werden aus der Brennkammer in eine Hochdruckturbine ausgestoßen, die ihnen Energie für den Antrieb des Verdichters entzieht.

**[0003]** Eine Niederdruckturbine folgt auf die Hochdruckturbine, um den Verbrennungsgasen weitere Energie zur Verrichtung von Nutzarbeit zu entziehen. In einer typischen Turbofan-Flugzeugtriebwerksanwendung treibt die Niederdruckturbine einen Bläser (Fan) an, der stromaufwärts von dem Verdichter angeordnet ist, um einen Schub für den Antrieb eines Flugzeugs zu erzeugen. In Schiffs- und industriellen Anwendungen ist die Niederdruckturbine mit einer Ausgangsantriebswelle verbunden, um einen elektrischen Generator oder Antriebsschrauben in einem Schiff anzutreiben.

**[0004]** Die Hochdruckturbine kann eine oder mehrere Stufen von stationären Leitschaufeln einer Leiteinrichtung und Rotorlaufschaufeln aufweisen, wobei die Niederdruckturbine in der Regel einige Stufen von Leiteinrichtungen und Laufschaufeln enthält. In stromabwärtige Richtung steigt die Größe der Turbinenlaufschaufeln in der Regel an, da sich die Verbrennungsgase ausdehnen und die Temperatur der Gase aufgrund des Energienentzugs abnimmt.

**[0005]** Angesichts der hohen Temperatur der Verbrennungsgase, erfordern die ihnen ausgesetzten Motor- bzw. Triebwerkskomponenten in der Regel eine Kühlung, um deren Lebensdauer zu verlängern. Entsprechend kann ein Teil der in dem Verdichter unter Druck gesetzten Luft zu verschiedenen Motor- bzw. Triebwerkskomponenten geleitet werden, um auf unterschiedliche Weise deren Kühlung zu bewirken. Der Stand der Technik ist reich an verschiedenen Konstruktionen zur Kühlung von Brennkammerwänden, Leiteinrichtungsschaufeln, Rotorschaufeln und ihnen zugehörigen Komponenten.

**[0006]** Die zur Kühlung der Motor- bzw. Triebwerkskomponenten abgezweigte Luft wird in dem Verbrennungsprozess nicht verwendet und mindert somit die Triebwerkseffizienz. Bekannte Kühlkonstruktionen versuchen deshalb, die Kühleffizienz der abgezweigten Verdichterluft zu maximieren, die in der Regel mehrere Male verwendet wird, bevor sie in den Auslasskanal wieder eingebracht wird. Entsprechend werden in der Regel in den Turbinenkomponenten für

deren erhöhte Widerstandsfähigkeit bei hohen Temperaturen und eine lange Lebensdauer modernste Superlegierungsmaterialien verwendet. Ihre Beständigkeit gegen Oxidation wird ferner durch geeignete Beschichtungen, wie z. B. Platin-Aluminid, verstärkt, was die Beständigkeit und die Lebensdauer der Komponenten weiter vergrößert.

**[0007]** Da die Verbrennungsgase innerhalb der Brennkammer am heißesten sind, erfordert die an dem Auslass der Brennkammer angeordnete Leiteinrichtung der ersten Hochdruckturbinenstufe für eine lange Lebensdauer eine maximale Kühleffektivität. Die Leiteinrichtung der ersten Stufe verwendet in der Regel zu ihrer Kühlung die unter höchstem Druck stehende Verdichterauslassluft gemeinsam mit ausgeklügelten Kühlanordnungen der Leiteinrichtungsschaufeln selbst. Die Leitschaufeln weisen in der Regel mehrere interne Kanäle zur Zirkulation des Luftkühlmittels auf, und interne Aufprallplatten werden in der Regel zur Aufprallkühlung der inneren Oberflächen der Leitschaufeln verwendet.

**[0008]** Die Leitschaufeln enthalten in der Regel einige Reihen von Filmkühlöchern, die sich durch deren Druck- und Saugseiten erstrecken und die die verbrauchte Aufprallluft in entsprechende Kühlluftfilme über äußere Oberflächen des Leitschaufelblatts auslassen.

**[0009]** Die Druckseite des Schaufelblatts ist im Allgemeinen konkav, und die gegenüberliegende Saugseite des Schaufelblatts ist im Allgemeinen konvex, mit einer im Wesentlichen sichelförmigen Gestalt zwischen der Führungs- und der Hinterkante des Schaufelblatts, um die Verbrennungsgase effizient zu der ersten Stufe der Hochdruckturbinenrotorschaukel zu leiten. Sowohl die Temperaturverteilung als auch Druckverteilung der Verbrennungsgase über den Leiteinrichtungsschaufeln verändern sich von deren Führungs- zu deren Hinterkante, und die Kühlanordnung muss zur Schaffung einer ausgewogenen Kühlung der Leitschaufel unter Beibehaltung einer angemessenen Rückströmungssicherheit speziell angepasst werden. Der Innendruck des Kühlmittels in den Leitschaufeln muss lokal höher sein als der Außendruck der Verbrennungsgase, um eine Rückströmung der Verbrennungsgase in die Filmkühlöcher zu verhindern.

**[0010]** Die Rotorschaukel der ersten Stufe erstrecken sich von dem Umfang einer Rotorlaufscheibe radial nach außen und erfordern entsprechend verfeinerte Kühlanordnungen, die sich von den in einer stationären Turbinenleiteneinrichtung verwendeten unterscheiden. Angesichts der erheblichen Zentrifugalkräfte, die im Betrieb in der rotierenden Schaufel erzeugt werden, wird die Verdichterauslassluft zur Kühlung der Turbinenlaufschaufeln der ersten Stufe in der Regel ohne in diesen angeordnete eigenständige

Aufprallplatten verwendet.

**[0011]** In einer zweistufigen Hochdruckturbine kommen eine Turbinenleiteinrichtung der zweiten Stufe und Rotorlaufschaufeln der zweiten Stufe zur Anwendung, und sie erfordern in der Regel, dass sie entsprechend in Anordnungen gekühlt werden, die sich angesichts der unterschiedlichen Druck- und der Temperaturverteilung an ihnen von denen zur Kühlung der Leiteinrichtung und der Laufschaufeln der ersten Stufe unterscheiden.

**[0012]** Die mehrstufige Niederdruckturbine enthält weitere Reihen von Leiteinrichtungen und Rotor-schaufeln, die abhängig von dem bestimmten Aufbau des Triebwerks eine Kühlung erfordern oder nicht. Da die Verbrennungsgastemperatur in der Niederdruckturbine deutlich reduziert ist, ist die zusätzliche Komplexität und der Bedarf an interner Kühlung der Leiteinrichtungsschaufeln und Laufschaufeln in der Regel nicht erforderlich.

**[0013]** Ein besonderes Problem bei der Kühlung von Niederdruckturbinenleiteinrichtungen stellt die abfallende Druckverteilung der über diese strömenden Verbrennungsgase dar. Während die Verdichterauslassluft zur Kühlung der Turbinenleiteinrichtung der ersten Stufe bei gleichzeitiger Beibehaltung angemessener Rückströmungssicherheiten an den verschiedenen Reihen von Filmkühlöchern zwischen der Vorder- und der Hinterkante der Leitschaufeln verwendet werden kann, kann die Hochdruckverdichterauslassluft angesichts der deutlichen Druckreduktion der Verbrennungsgase übermäßige Rückströmungssicherheiten schaffen, wenn sie in der Leiteinrichtung einer Niederdruckturbine verwendet wird.

**[0014]** Entsprechend gabeln sich in einer Ausführungsform einer Niederdruckturbinenleiteinrichtung, die seit mehreren Jahren öffentlich verwendet wird, die Kühlkanäle der Leiteinrichtungsschaufel in zwei Abschnitte auf, die der Vorderkanten- und der Hinterkantenregion der Leitschaufel entsprechen. Der Vorderkantenkühlkreislauf ist in Strömungsverbindung mit einer achten Zwischenstufe des Verdichters verbunden, während der Hinterkantenkreislauf der Leitschaufel mit der aus der Hochdruckturbine wiedergewonnenen Kühlluft in Strömungsverbindung steht. Die wiedergewonnene Luft weist eine von der Verdichterluft der Zwischenstufe verschiedene Temperatur und einen verschiedenen Druck auf, und die Leitschaufeln sind unperforiert, ohne irgendwelche Auslasslöcher in ihren Druck- und Saugseiten.

**[0015]** In dieser herkömmlichen Ausführungsform können die Leiteinrichtungsschaufeln der Niederdruckturbine ansonsten unperforiert sein, wobei die zwei Kühlluftquellen durch ihr inneres Band zur Schaffung einer Kühlung durch Spülung von verschiedenen dort unten zu findenden vorderen und

hinteren Hohlräumen ausgelassen werden.

**[0016]** Angesichts der beachtlichen ausgereiften Technologie und ihrer Entwicklungskosten werden Schiffs- und industrielle Gasturbinen in der Regel von Flugzeugturbofantriebwerken abgeleitet. Der Kernmotor, der den Verdichter, die Brennkammer und die Hochdruckturbine des Turbofantriebwerks enthält, kann mit wenigen oder keinen Änderungen in den Schiffs- und industriellen Turbinenderivaten verwendet werden. Die Niederdruckturbine kann geeignet unter Verwendung einer Ausgangsantriebswelle modifiziert werden, um einen elektrischen Generator oder einen Antriebsmechanismus eines Schiffs anzutreiben. Die Kühlanordnung für die Turbinenleiteinrichtungen und -laufschaufeln kann jedoch in dem Turbinenderivat unverändert bleiben.

**[0017]** In der fortlaufenden Entwicklung von Turbinenderivaten kann der Bläser des „Vater“-Turbofantriebwerks durch einen mehrstufigen Niederdruckverdichter ersetzt werden, der durch eine neue Zwischenantriebsturbine angetrieben wird, die zwischen der Hochdruckturbine und der Niederdruckturbine angeordnet ist. In einer Ausführungsform kann die Zwischenantriebsturbine zwei Stufen von Leiteinrichtungen und Laufschaufeln verwenden.

**[0018]** Da die Zwischenstufen zwischen der Hochdruckturbine und der Niederdruckturbine angeordnet sind, sind sie dem Übergang der Druck- und Temperaturverteilungen zwischen ihnen ausgesetzt. Da die erste Stufe der Zwischenantriebsturbine unmittelbar stromabwärts von der Hochdruckturbine angeordnet ist, erfordert sie für die beabsichtigte Lebensdauer eine angemessene Kühlung.

**[0019]** Die Leiteinrichtung der zweiten Stufe der Zwischenantriebsturbine ist jedoch stromabwärts von dieser und unmittelbar stromaufwärts von der Niederdruckturbine angeordnet und erfordert keine innere Kühlung der Leitschaufeln, die somit einfach massiv hergestellt sein können.

**[0020]** Die Zwischenleiteinrichtung der ersten Stufe kann aus einer geeigneten Superlegierung, wie z. B. derselben Nickelbasierten Superlegierung, die für Hochdruckturbinenleiteinrichtungen verwendet wird, mit einer entsprechenden oxidationsbeständigen Beschichtung, wie z. B. Platin-Aluminid, gefertigt werden. Diese Leiteinrichtungsschaufeln hoher Beständigkeit weisen eine mit ihnen in Zusammenhang stehende maximal zulässige Metalltemperatur auf, die etwas unterhalb der Temperatur der Verbrennungsgase in der Zwischenantriebsturbine liegt.

**[0021]** Entsprechend erfordert die Leiteinrichtung der ersten Stufe der Zwischenantriebsturbine zur Erzielung der gewünschten Lebensdauer von dieser eine zusätzliche Kühlung, wobei jedoch diese Küh-

lung in einer neuen Anordnung bewirkt werden muss, die einfacher und günstiger ist als jene, die für die Hochdruckturbine zum Einsatz kommen. Darüber hinaus sollte ein Minimum an zusätzlicher Luft von dem Verdichter für die Kühlung der Leiteinrichtung abgezweigt werden, während eine angemessene Rückströmungssicherheit beibehalten werden soll.

**[0022]** EP 1 489 265 beschreibt Verfahren und Vorrichtungen zur Bereitstellung eines Kühlfuids zu Turbinenleiteinrichtungen.

**[0023]** EP 0 864 728 beschreibt ein Luftzuführsystem zur Laufschaufelkühlung für Gasturbinen.

**[0024]** US 5,399,065 beschreibt Verbesserungen bei der Kühlung und Abdichtung einer Gasturbinenschaufelgittervorrichtung.

**[0025]** Verschiedene Aspekte und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den beigefügten Ansprüchen definiert.

**[0026]** Die Erfindung gemäß bevorzugten und beispielhaften Ausführungsformen samt ihren weiteren Aufgaben und Vorteilen ist genauer in der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen beschrieben:

**[0027]** [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Ansicht einer industriellen Gasturbine, die eine Zwischenantriebsturbine enthält.

**[0028]** [Fig. 2](#) zeigt eine axiale Schnittansicht der Zwischenantriebsturbine aus [Fig. 1](#), die auf eine zweite Stufe der Hochdruckturbine folgt.

**[0029]** [Fig. 3](#) zeigt eine isometrische Ansicht eines Abschnitts der ersten Leiteinrichtungsstufe der in [Fig. 2](#) dargestellten Zwischenantriebsturbine.

**[0030]** [Fig. 4](#) zeigt eine axiale Schnittansicht durch eine der Leiteinrichtungsschaufeln der ersten Stufe der Zwischenantriebsturbine, die in [Fig. 2](#) dargestellt ist.

**[0031]** [Fig. 5](#) zeigt eine radiale Schnittansicht durch die in [Fig. 4](#) dargestellte Leiteinrichtungsschaufel, die entlang der Linie 5-5 geschnitten ist.

**[0032]** In [Fig. 1](#) ist in einer beispielhaften Ausführungsform schematisch ein industrieller Gasturbinenmotor **10** für den Antrieb eines externen elektrischen Generators **12** dargestellt. Der Motor ist bezüglich einer Längsachse oder axialen Mittellinie **14** achsensymmetrisch und enthält drei Rotoren.

**[0033]** Genauer gesagt, enthält der Motor in serieller Strömungsverbindung einen Niederdruckverdichter **16**, einen Hochdruckverdichter **18**, eine Brenn-

kammer **20**, eine Hochdruckturbine (HDT) **22**, eine Zwischenantriebsturbine (ZAT) **24** und eine Niederdruckturbine (NDT) **26**, die mit entsprechenden Rotoren oder Antriebswellen verbunden sind. Der Nieder- und der Hochdruckverdichter **16**, **18** stellen herkömmliche mehrstufige Verdichter dar, die wiederum Luft **28** axial entlang unter Druck setzen. Die Druckluft wird aus der letzten Stufe des Hochdruckverdichters ausgestoßen und in der Brennkammer **20** mit einem Treibstoff vermischt, um heiße Verbrennungsgase **30** zu erzeugen.

**[0034]** Die Hochdruckturbine **22** ist herkömmlich und enthält zwei Leiteinrichtungs- und Rotorstufen, durch die heiße Verbrennungsgase geleitet werden, um die Hochdruckturbine **18** über eine zugehörige, zwischen ihnen angeordnete Antriebswelle anzutreiben.

**[0035]** Die Zwischenantriebsturbine **24** enthält in der beispielhaften Ausführungsform auch zwei Leiteinrichtungs- und Rotorstufen und entzieht den aus der Hochdruckturbine abgegebenen Verbrennungsgasen zusätzliche Energie, um den Niederdruckverdichter **16** über eine entsprechende Antriebswelle anzutreiben.

**[0036]** Die Niederdruckturbine **26** ist eine herkömmliche mehrstufige Turbine, die den aus der Zwischenantriebsturbine **24** ausgestoßenen Verbrennungsgasen zusätzliche Energie entzieht, um den Generator **12** über eine entsprechende Ausgangsantriebswelle anzutreiben.

**[0037]** Wenn die Verbrennungsgase **30** durch die aufeinanderfolgend angeordneten Leiteinrichtungen und Rotorschaufeln der drei Turbinen **22**, **24**, **26** strömen, verringern sich ihre Drücke und Temperaturen, wenn ihnen Energie entzogen wird. Entsprechend sind die verschiedenen Leiteinrichtungsschaufeln und Rotorlaufschaufeln der Turbinen für die Druck- und Temperaturverteilung der Verbrennungsgase, die entlang dieser variieren, speziell ausgestaltet. Insbesondere erfordern die Leitschaufeln und Lauf-schaufeln der Hochdruckturbine und der Zwischenantriebsturbine eine für die dort auftretende bestimmte Temperatur der Verbrennungsgase **30** angemessene Kühlung, bei der ein Teil der aus dem Verbrennungsprozess innerhalb der ringförmigen Brennkammer **20** abgezweigten Druckluft **28** verwendet wird.

**[0038]** [Fig. 2](#) veranschaulicht mit höherer Genauigkeit eine beispielhafte Ausführungsform der Zwischenantriebsturbine **24**, die direkt auf die letzte Rotorstufe der Hochdruckturbine **22** folgend und stromaufwärts der in [Fig. 2](#) nicht veranschaulichten Niederdruckturbine angeordnet ist. Da die Verbrennungsgase **30** aus der Brennkammer bei hoher Temperatur ausgestoßen werden, werden sowohl die Leiteinrichtungsschaufeln als auch die Rotorlaufschaufeln der

Hochdruckturbine **22** angemessen gekühlt, indem herkömmliche Kühlanordnungen zur Anwendung kommen, in denen die Verdichterauslassluft mit höchstem Druck hindurch geleitet wird. Die in die Zwischenantriebsturbine **24** einströmenden Verbrennungsgase **30** weisen jedoch eine verminderte Temperatur und einen reduzierten Druck auf, der den Bedarf an Kühlung der entsprechenden Turbinenkomponenten in diesem Bereich des Motors merklich verringert.

[0039] Insbesondere enthält die Zwischenantriebsturbine **24** eine Turbinenleiteinrichtung **32** der ersten Stufe, die besonders aufgebaut ist, um an dieser Stelle gegen die verminderte Wärme der Verbrennungsgase **30** gekühlt zu werden. Die Zwischenantriebsturbine enthält ferner eine Turbinenleiteinrichtung **34** der zweiten Stufe, die nicht gekühlte massive Leiteinrichtungsschaufeln aufweisen kann, wobei die beiden Turbinenleiteinrichtungen mit den entsprechenden Reihen von Turbinenrotorschaukeln **36** zusammenarbeiten, die in dieser beispielhaften Ausgestaltung auch massiv und nicht gekühlt sein können.

[0040] Aber für die Turbinenleiteinrichtung **32** der ersten Stufe kann die Zwischenantriebsturbine **24** irgendeine herkömmliche Bauart und Funktionsart aufweisen, um den Niederdruckverdichter geeignet anzutreiben.

[0041] Wie in [Fig. 3](#) zusätzlich gezeigt, enthält die ZAT **24** mehrere hohle Schaufelblätter oder Leitschaukeln **38**, die in einer Reihe angeordnet sind und an gegenüberliegenden Enden mit einem radial äußeren und einem radial inneren bogenförmigen Band **40**, **42** verbunden sind. In einem beispielhaften Aufbau sind drei Leitschaukeln **38** mit entsprechenden bogenförmigen Bandsegmenten **40**, **42** integral verbunden oder gegossen, wobei mehrere Segmente an ihren Enden miteinander verbunden sind, um den vollständigen Ring aus Leitschaukeln in der Turbinenleiteinrichtung zu vervollständigen.

[0042] Wie in [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) dargestellt, enthält das äußere Band **40** eine geschlossene äußere Sammelkammer **44**, die eine Öffnungs- oder Aussparungseinlass **46** enthält, um verdichtete Luft **28** von dem Hochdruckverdichter **18** aufzunehmen. Die äußere Sammelkammer **44** kann in geeigneter Weise zwischen einem vorderen und einem hinteren Haken definiert werden, die sich von dem äußeren Band aus nach außen erstrecken, um die Leiteinrichtung der ersten Stufe in einem umgebenden Gehäuse auf herkömmliche Weise zu halten. Die Stützhaken können durch eine Metallblechabdeckung miteinander verbunden sein, um einen eingeschlossenen Hohlraum zu schaffen, der die äußere Sammelkammer definiert. Und eine geeignete Aussparungsöffnung kann in der Metallblechabdeckung ausgebildet sein, um den Einlass **46** zu definieren.

[0043] Entsprechend enthält das innere Band **42** eine innere Sammelkammer **48**, die eine Öffnung oder Kavität aufweist, die einen Auslass **50** definiert. Die innere Sammelkammer **48** kann zwischen einem Paar von Flanschen definiert werden, die sich radial nach innen von dem inneren Band aus erstrecken und durch eine Metallblechabdeckung, in der der Auslass **50** ausgebildet ist, miteinander verbunden sind.

[0044] Das innere Band **42** enthält auch einen hinteren Flansch, der hinter den Flanschen der inneren Sammelkammer **48** im Abstand angeordnet ist, was dazwischen einen hinteren Hohlraum oder eine Aussparung **52** definiert. Die in [Fig. 2](#) dargestellten verschiedenen Flansche des Innenbands **42** können zum Zusammenwirken mit ringförmigen Ablenkplatten, die einen entsprechenden vorderen Hohlraum zwischen dem HDT-Rotor der letzten Stufe und der ZAT-Leiteinrichtung der ersten Stufe und einen hinteren Hohlraum zwischen der ZAT-Leiteinrichtung der ersten Stufe und dem stromabwärts angeordneten ZAT-Rotor der ersten Stufe definieren, in irgendeiner herkömmlichen Weise aufgebaut sein.

[0045] Wie in [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigt, enthält jede Leitschaukel **38** in Umfangsrichtung entgegengesetzt gerichtete Druck- und Saugseiten **54**, **56**, die an in Sehnenrichtung oder Axialrichtung gegenüberliegenden Vorder- und Hinterkanten **58**, **60** miteinander verbunden sind. Die Druckseite **54** ist im Wesentlichen konkav und erstreckt sich radial in Spannweitenrichtung zwischen dem Außen- und dem Innenband. Die Saugseite **56** ist im Wesentlichen konvex und erstreckt sich in ähnlicher Weise zwischen den beiden Bändern. Jede Leitschaukel weist ein im Wesentlichen halbmondförmiges aerodynamisches Profil, das eine entsprechende Druck- und Temperaturverteilung der Verbrennungsgase bewirkt, die im Betrieb darüber strömen.

[0046] Jede in [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) dargestellte Leitschaukel **38** enthält ferner einen vorderen, einen hinteren und einen mittleren Strömungspfad oder Kanal **62**, **64**, **66**, die sich in radialer Spannweitenrichtung zwischen dem Außen- und dem Innenband erstrecken. Der vordere Kanal **62** ist direkt hinter der Vorderkante **58** in Strömungsverbindung mit der äußeren und der inneren Sammelkammer **44**, **48** angeordnet.

[0047] Der mittlere Kanal **66** ist direkt hinter dem vorderen Kanal **62** in Strömungsverbindung mit der äußeren und der inneren Sammelkammer angeordnet. Und der hintere Kanal **64** ist direkt hinter dem mittleren Kanal **66** und direkt vor der Hinterkante **60** in Strömungsverbindung mit der äußeren Sammelkammer **44** und der hinteren Aussparung **52**, außerhalb der inneren Sammelkammer **48** angeordnet. Die verschiedenen Kanäle **62**, **64**, **66** sind durch entsprechende innere Stege bzw. Brücken definiert, die sich

entlang der radialen Spannweite der Leitschaukel und quer zwischen den gegenüberliegenden Druck- und Saugseiten erstrecken.

**[0048]** Ein besonderer Vorteil des in [Fig. 4](#) dargestellten mehrkanaligen Kühlkreislaufaufbaus stellt die Fähigkeit dar, eine Einzeldruckquellenluft **28**, die vorzugsweise innerhalb der Leitschaukel aufgespalten wird, zu verwenden, um eine ausgeglichene Kühlung ihrer verschiedenen Regionen mit entsprechender Rückströmungssicherheit unabhängig von der Veränderung der Verteilung der Temperatur und des Drucks der Verbrennungsgase **30**, die stromabwärts über die äußeren Oberflächen der Leitschaukeln strömen, zu erzielen.

**[0049]** Wie oben angedeutet, erzeugt die Druck- und Temperaturverteilung der aus der Hochdruckturbine ausgestoßenen Verbrennungsgase besondere Probleme, die in der Regel zwei verschiedene Druckluftquellen für die Turbinenleiteinrichtung in dieser Region erforderlich machen. Eine herkömmliche Niederdruckturbinenleiteinrichtung verwendet Luft der achten Stufe aus dem Verdichter und wiedergewonnene Luft aus der Hochdruckturbine, die zu der Vorder- und der Hinterkantenregion der Leiteinrichtungsschaukeln geeignet geleitet wird.

**[0050]** Der mehrkanalige Aufbau der Leiteinrichtungsschaukel **38**, der in [Fig. 4](#) dargestellt ist, ermöglicht jedoch die Verwendung einer einzelnen Druckquelle mit komprimierter Luft **28** für die gesamte Leiteinrichtungsschaukel, wobei die Luft geeignet aufgespalten wird, um aus ihr verschiedene Ausströmdrücke zu erhalten, die den Betriebsumgebungen in diesem Bereich des Motors entsprechen. So kann z. B. Druckluft **28** der elften Stufe von dem in [Fig. 1](#) dargestellten Hochdruckverdichter **18** abgezapft und geeignet zu der Turbinenleiteinrichtung **32** der ersten Stufe der ZAT **24** geleitet werden.

**[0051]** Ein Merkmal bei der Aufspaltung der Einzelquelleneinlassluft **28** stellt die Einführung einer radialen Reihe von Hinterkantenauslassschlitzen **68** dar, die sich durch die Druckseite jeder Leitschaukel neben ihrer Hinterkante in Strömungsverbindung mit dem hinteren Kanal **64** erstrecken. Wenn die Luft durch die Reihe von Hinterkantenauslässen **68** ausgestoßen wird, sinkt ihr Druck, so dass der Ausstoßdruck in der in [Fig. 4](#) dargestellten hinteren inneren Aussparung **52** wesentlich niedriger ist als der Luft-einlassdruck zu der Leiteinrichtung.

**[0052]** Entsprechend sind die Druck- und die Saugseite **54**, **56** jeder Leitschaukel unperforiert, ohne durch sie verlaufende Löcher entlang sowohl des vorderen als auch des mittleren Kanals **62**, **64** ausgebildet, um die Druckluft zwischen der äußeren und der inneren Sammelkammer mit entsprechendem geringeren Druckverlust in diesen zu begrenzen. Die

Druck- und die Saugseite entlang des hinteren Kanals **64** sind ebenfalls unperforiert, mit der Ausnahme der einzelnen Reihe von Hinterkantenauslässen **68**. Und die verschiedenen Brücken, die die inneren Kanäle in den Leitschaukeln definieren, sind zur gesonderten Begrenzung der Luftströmung in den entsprechenden Kanälen innerhalb der Leitschaukeln ebenfalls unperforiert.

**[0053]** Dieses Leiten der Druckluft in mehrere Kanäle innerhalb jeder Leitschaukel hinein wird durch entsprechende Öffnungseinlässe **70** und Öffnungsauslässe **72** in dem äußeren und dem inneren Band **40**, **42** gesteuert. Insbesondere enthält das äußere Band vordere, hintere und mittlere Öffnungseinlässe **70**, die sich durch dieses hindurch radial erstrecken und die die äußere Sammelkammer **44** mit dem vorderen, hinteren bzw. mittleren Kanal **62**, **64**, **66** strömungsmäßig verbinden. Das innere Band **42** enthält vordere, hintere und mittlere Öffnungseinlässe **72**, die den vorderen und den mittleren Kanal **62**, **66** mit der inneren Sammelkammer **48** und den hinteren Kanal **64** mit der hinteren Aussparung **52** außerhalb der inneren Sammelkammer strömungsmäßig verbinden.

**[0054]** Wie in [Fig. 4](#) dargestellt, ist der vordere Kanal **62** bemessen, um eine örtliche Kühlung des Vorderkantenbereichs der Leitschaukel über die gesamte radiale Spannweite der Leitschaukel zwischen den beiden Bändern zu schaffen. Der hintere Kanal **64** ist geeignet bemessen, um eine örtliche Kühlung des Hinterkantenbereichs der Leitschaukel über die Leitschaukelspannweite zwischen den beiden Bändern zu schaffen. Und der mittlere Kanal **62** ist entsprechend bemessen, um den mittleren oder Zwischenbereich jeder Leitschaukel über die Leitschaukelspannweite hinweg lokal zu kühlen.

**[0055]** Wie oben angedeutet, verändern sich die Druck- und die Temperaturverteilung der Verbrennungsgase **30** zwischen der Vorder- und der Hinterkante jeder Leitschaukel. Entsprechend sind der vordere und der hintere Kanal **62**, **64** im Vergleich zu dem größeren mittleren Kanal **66** relativ klein in der axialen oder Sehnenausdehnung. Der mittlere Kanal **66** ist vorzugsweise in Sehnengerichtung länger als der vordere Kanal **62** und der hintere Kanal **64**.

**[0056]** Da jedoch der Druck der zu den Leitschaukeln strömenden Einlassluft immer noch beträchtlich ist und die Seitenwände der Leitschaukeln relativ dünn sind, enthält jede Leitschaukel vorzugsweise eine radial mittlere Brücke oder Trennwand **74**, die den mittleren Kanal in zwei radiale Zweige aufteilt, die sich in Spannweitenrichtung zwischen dem Außen- und dem Innenband erstrecken. Die mittlere Brücke **74** verbindet integral die Druckseite mit der gegenüberliegenden Saugseite der Leitschaukel, um den großen Innendruckkräften, die auf sie einwirken, zu widerstehen und um im Betrieb eine unerwünsch-

te Verformung an dieser und Spannungen zu reduzieren.

[0057] In der in [Fig. 4](#) dargestellten bevorzugten Ausführungsform ist die mittlere Brücke **74** in einem gemeinsamen Gussstück integral mit dem Außenband **40** verbunden und endet kurz oder radial oberhalb des Innenbands **42**. Das Außenband **40** enthält entsprechend zwei mittlere Einlässe **70**, die den zwei mittleren Zweigen des mittleren Kanals entsprechen. Und das Innenband **42** enthält einen einzelnen oder gemeinsamen Mittelauslass **72** an dem mittleren Kanal unterhalb der beiden Zweige von diesem. Der mittlere Kanal funktioniert deshalb als ein Kanal mit zwei Einlässen in dem Außenband und einem gemeinsamen Auslass in dem Innenband.

[0058] In der in [Fig. 4](#) dargestellten bevorzugten Ausführungsform sind der vordere und mittlere Auslass **72** in dem Innenband **42** bemessen, um die Luftströmung von dem zugehörigen vorderen und mittleren Kanal **62**, **66** zu begrenzen oder zu dosieren. Entsprechend sind die vorderen und mittleren Einlässe **70** in dem Außenband relativ groß, um die Druckverluste der durch sie geleiteten Luft zu reduzieren.

[0059] Dagegen ist der hintere Einlass **70** in dem Außenband bemessen, um die Luftströmung in den hinteren Kanal **64** hinein zu dosieren oder zu regulieren, wobei der hintere Auslass **72** in dem Innenband **42** relativ groß ist, um den Druckverluste durch ihn zu reduzieren.

[0060] Entsprechend ermöglicht die in [Fig. 4](#) dargestellte Mehrkanal-Leiteinrichtungsschaufel **38** die Verwendung einer Einzeldruckluftquelle zur unterschiedlichen Kühlung der verschiedenen Bereiche der Leitschaufel, und dies bei entsprechenden Rückströmungssicherheiten, unabhängig von der veränderlichen Verteilung des Drucks und der Temperatur der im Betrieb über die Leitschaufeln hinweg strömenden Verbrennungsgase.

[0061] Der Druck der Verbrennungsgase **30** an der Hinterkanten der Leitschaufel ist z. B. in [Fig. 4](#) mit P1 gekennzeichnet, wobei der Druck der in die hintere Aussparung **52** abgegebenen Luft mit P2 gekennzeichnet ist. Der Druck der in die innere Sammelkammer **48** ausgestoßenen Kühlluft ist mit P3 gekennzeichnet. Und der Druck der in die äußere Sammelkammer **44** geleiteten Einlassluft ist mit P4 gekennzeichnet und wird an einer geeigneten Stufe der Hochdruckturbine, wie z. B. ihrer elften Stufe, ausgewählt.

[0062] Der mehrkanalige Aufbau der in [Fig. 4](#) dargestellten Leiteinrichtungsschaufeln **38** ermöglicht es, dass die gemeinsame Einlassdruckluft durch jede Leitschaufel geleitet wird, um durch entsprechende Reihen von Hinterkantenauslässen **68** und die ver-

schiedenen Auslässe **72** in dem Innenband **42** ausgelassen zu werden.

[0063] Insbesondere sind die hinteren Auslässe **72** für die hinteren Kanäle **64** der verschiedenen Leitschaufeln durch das gemeinsame Innenband **42** in Strömungsverbindung mit der gemeinsamen hinteren Aussparung **52** angeordnet, um die Druckluft in diese hinein bei einem Druck P2 auszustoßen, der angemessen niedriger ist als der Druck P3 der Luft, die aus dem vorderen und dem mittleren Kanal **62**, **66** in die innere Sammelkammer **48** ausgestoßen wird. Der Ausstoßdruck P2 ist angemessen größer als der Verbrennungsgasdruck P1 an der Leitschaufelhinterkante, der Ausstoßdruck P3 ist angemessen größer als der Ausstoßdruck P2 und der Quelldruck P4 ist wiederum größer als der Ausstoßdruck P3.

[0064] Da die Druck- und Saugseite jeder Leitschaufel sowohl für den vorderen als auch für den mittleren Kanal **62**, **66** unperforiert sind, strömt die Hochdruckeinlassluft durch sie mit einem relativ geringen Druckabfall hindurch, um einen relativ hohen Druck P3 in der inneren Sammelkammer **48** zu schaffen, der dann, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, zum Spülen und zur Kühlung entsprechender vorderen Hohlräume zwischen der letzten Stufe der HDT und der vorderen Seite der ZAT-Leiteinrichtung der ersten Stufe verwendet werden kann, die auch als der hintere Hohlraum der HDT-Scheibe bekannt sind. Die P3-Luft wird dann durch eine Rotordichtung geleitet, um den hinteren Hohlraum der ZAT-Leiteinrichtung zu spülen.

[0065] Entsprechend verliert die durch den hinteren Kanal **64** strömende Luft an Druck, wenn sie teilweise durch die verschiedenen Hinterkantenauslässe **68** ausgestoßen wird, und sie erreicht in der hinteren Aussparung **52** einen relativ niedrigen Druck P2. Die Druckabfälle in dem hinteren Kanal ermöglichen eine geeignete Rückströmungssicherheit entlang der Reihe von Hinterkantenauslässen, um ein unerwünschtes Herausblasen aus diesen zu reduzieren, während die in die hintere Aussparung **52** abgegebene Luft einen ausreichenden Druck aufrechterhält, um die verschiedenen oberen Hohlräume vor der ZAT-Leiteinrichtung der ersten Stufe, wie sie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) veranschaulicht sind, zu kühlen und zu spülen.

[0066] Wie in [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigt, enthalten der vordere und mittlere Kanal **62**, **66** vorzugsweise herkömmliche Verwirbelungseinrichtungen **76**, die sich axial entlang der inneren Oberflächen der Druck- und der Saugseite erstrecken. Die Verwirbelungseinrichtungen erhöhen den Wärmeaustausch und den Kühleffekt der Druckluft in diesen Kanälen.

[0067] Der hintere Kanal ist entsprechend vorzugsweise glatt und frei von Verwirbelungseinrichtungen, die zur Kühlung des Hinterkantenbereichs der Leit-

schaufel nicht notwendig sind, und er ermöglicht es, dass ein angemessener Luftdruck in der hinteren Aussparung **52** erhalten wird, um von dort aus stromabwärts zu spülen und zu kühlen.

**[0068]** Wie zuerst in [Fig. 3](#) gezeigt, enthält jedes Leiteinrichtungssegment mehrere Leitschaufeln **38**, die sich zwischen den entsprechenden Außen- und Innenbandsegmenten **40**, **42** erstrecken, die in Strömungsverbindung mit der gemeinsamen äußeren und inneren Sammelkammer **44**, **48** verbunden sind. Jede Sammelkammer enthält eine einzelne Öffnung, die den entsprechenden Einlass **46** und Auslass **50** definiert. Und ein röhrenförmiger äußerer Pässeinsatz **78** ist, wie in [Fig. 2](#) dargestellt, in dem Sammelkammereinlass angeordnet, und während ein entsprechender innerer Pässeinsatz **80** in dem Auslass **50** der inneren Sammelkammer angeordnet ist.

**[0069]** In dieser Ausgestaltung schaffen die beiden Pässeinsätze **78**, **80** auf eine ansonsten herkömmliche Weise bewegliche Strömungsverbindung zwischen der ZAT-Leiteinrichtung **32** und dem die Leiteinrichtung umgebenden Außengehäuse und den inneren Platten innerhalb der Leiteinrichtung. Die Einlassströmung der Druckluft **28** kann deshalb effizient zu dem gemeinsamen Einlass in dem Leiteinrichtungssegment mit mehreren Leitschaufeln geleitet werden, und die Luft kann aus den mehreren Leitschaufeln in jedem Segment durch den gemeinsamen Auslass **50** und den inneren Pässeinsatz zu den benachbarten Komponenten abgegeben werden.

**[0070]** Die mehreren Kanäle der Leiteinrichtungsschaufeln **38** ermöglichen eine Strömungsaufspaltung der gemeinsamen Quelleneinlassluft in diesen mit verschiedenen Auslassdrücken, die verschiedenen Anforderungen der benachbarten Turbinenkomponenten unterhalb des Innenbands der Leiteinrichtung entsprechen. Es wird eine effektive und bevorzugte Kühlung der verschiedenen Bereiche jeder Leiteinrichtungsschaufel **32** durch die mehreren darin vorhandenen Kanäle bewirkt, wobei die Druck- und Saugseiten mit der Ausnahme einer einzelnen Reihe von Hinterkantenauslässen **68** unperforiert sind. Es werden geeignete Rückströmungssicherheiten über den Leiteinrichtungsschaufeln samt der Hinterkantenauslässe **68** aufrechterhalten. Und die verbrauchte Kühlluft wird aus den Leiteinrichtungsschaufeln durch das Innenband **42** bei entsprechend verschiedenen Drücken ausgestoßen, die den Anforderungen hinsichtlich der Spülung und Kühlung der verschiedenen unterhalb des Innenbands angeordneten vorderen und hinteren Hohlräumen angepasst sind.

**[0071]** Ein besonderer Vorteil der in [Fig. 2](#) dargestellten ZAT-Turbinenleiteinrichtung **32** der ersten Stufe ist ihre bevorzugte Verwendung in Kombination mit der Hochdruckturbinen **22** und der Niederdruckturbinen **26**, wie sie in [Fig. 1](#) veranschaulicht sind. Die

HDT **22** ist stromaufwärts von der Leiteinrichtung der ersten Stufe **32** in der ZAT **24** angeordnet, und die ZAT **26** ist stromabwärts von dieser angeordnet.

**[0072]** Wie oben angedeutet, können die Leitschaufeln in der HDT **22** zur Erzielung einer Kühlung von dieser von irgendeiner Bauart sein, einschließlich der Verwendung interner Aufprallplatten und Auslassluft eines Hochdruckverdichters.

**[0073]** Dagegen ist die ZAT-Leiteinrichtung **32** der ersten Stufe relativ einfacher gestaltet und günstiger, und sie verwendet die speziell konstruierten mehreren Kanäle mit einer Quellendruckluft geringeren Drucks, wie z. B. der Hochdruckverdichterluft der elften Stufe, ohne die Notwendigkeit, darin innere Aufprallplatten vorzusehen. Die verschiedenen Kühlanforderungen entlang der axialen Ausdehnung der Leiteinrichtungsschaufeln **38** werden durch darin speziell eingerichtete mehrere Kanäle bewerkstelligt, und eine ausreichende Rückströmungssicherheit wird durch den Differenzialdruck aufrechterhalten, der von den verschiedenen Kanälen herrührt. Die verschiedenen Strömungen der verbrauchten Kühlluft mit hohem und niedrigem Druck, die durch das Innenband der Leiteinrichtung **32** ausgestoßen werden, werden zur Kühlung und zum Spülen der Hohlräume vor und hinter der ZAT-Leiteinrichtung getrennt geleitet.

### Patentansprüche

1. Eine Turbinenleiteinrichtung (**32**), die aufweist: eine hohle Leitschaufel (**38**), die gegenüberliegend eine Druck- und eine Saugseite (**54**, **56**) aufweist, die sich in Spannweitenrichtung zwischen einem Außen- und einem gegenüberliegenden Innenband (**40**, **42**) erstrecken und sich in Sehnenrichtung zwischen einer Vorder- und einer gegenüberliegenden Hinterkante (**58**, **60**) erstrecken; wobei das Außenband (**40**), eine äußere Sammelkammer (**44**) aufweist, die einen Einlass (**46**) zur Aufnahme komprimierter Luft (**28**) enthält, wobei das Innenband (**42**) eine innere Sammelkammer (**48**), die einen Auslass (**50**) enthält, und einen hinteren Flansch aufweist, der im Abstand zu der inneren Sammelkammer (**48**) angeordnet ist, um eine hintere Ausnehmung (**52**) außerhalb der inneren Sammelkammer zu definieren; wobei die Leitschaufel (**38**) ferner einen vorderen, einen hinteren und einen mittleren Strömungskanal (**62**, **64**, **66**) enthält, die sich zwischen dem Außen- und dem Innenband (**40**, **42**) erstrecken, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vordere, der hinter- und der mittlere Kanal (**62**, **66**, **64**) durch unperforierte Brücken zur Eingrenzung einer Strömung einer unter Druck stehenden Luft sowohl in dem vorderen, dem mittleren als auch dem hinteren Kanal zwischen dem äußeren und dem inneren Band (**40**, **42**) voneinander getrennt sind;



wobei die Druck- und die Saugseite mit der Ausnahme einer Reihe von Hinterkantenauslässen (68), die sich durch die Druckseite (54) hindurch neben der Hinterkante erstrecken, unperforiert ausgebildet sind; wobei der vordere Kanal (62) hinter der Vorderkante (58) in Strömungsverbindung mit der äußeren und der inneren Sammelkammer (44, 48) angeordnet ist; wobei der mittlere Kanal (66) hinter dem vorderen Kanal (62) in Strömungsverbindung mit der äußeren und der inneren Sammelkammer angeordnet ist und wobei der hintere Kanal (64) hinter dem mittleren Kanal vor der Hinterkante (60) in Strömungsverbindung mit der äußeren Sammelkammer (44), den Hinterkantenauslässen (68) und der hinteren Ausnehmung (52) angeordnet ist.

2. Leiteinrichtung nach Anspruch 1, wobei das Außenband (40) einen vorderen, einen hinteren und einen mittleren Öffnungseinlass (70) aufweist, die die äußere Sammelkammer (44) mit dem vorderen, dem hinteren bzw. dem mittleren Kanal (62, 64, 66) strömungsmäßig verbinden; und das Innenband (42) einen vorderen, einen hinteren und einen mittleren Öffnungsauslass (72) aufweist, die den vorderen und den mittleren Kanal (62, 66) mit der inneren Sammelkammer (48) und den hinteren Kanal (64) mit der hinteren Ausnehmung (52) außerhalb der inneren Sammelkammer strömungsmäßig verbinden.

3. Leiteinrichtung nach Anspruch 2, wobei: der mittlere Kanal (66) in Sehnenrichtung länger als der vordere Kanal (62) und der hintere Kanal (64) ist; und die Leitschaufel (38) ferner eine mittlere Brücke (74) aufweist, die den mittleren Kanal in zwei Zweige aufteilt, die sich in Spannweitenrichtung zwischen dem Außen- und dem Innenband (40, 42) erstrecken, und die die Druck- mit der Saugseite (54, 56) entlang dieser integral verbindet.

4. Leiteinrichtung nach Anspruch 3, wobei: die mittlere Brücke (74) mit dem Außenband (40) verbunden ist und kurz vor dem Innenband (42) endet; das Außenband (40) zwei mittlere Einlässe (70) an den zwei mittleren Zweigen beinhaltet; und das Innenband (42) einen gemeinsamen mittleren Auslass (72) an dem mittleren Kanal (66) unterhalb der beiden Zweige beinhaltet.

5. Leiteinrichtung nach Anspruch 1, wobei der vordere und der mittlere Auslass (72) in dem Innenband (42) bemessen sind, um die Luftströmung aus dem vorderen und dem mittleren Kanal (62, 66) zu dosieren; und der hintere Einlass (70) in dem Außenband (40) bemessen ist, um die in den hinteren Kanal (64) eintretende Luftströmung zu dosieren (64).

6. Leiteinrichtung nach Anspruch 5, wobei der

Einlass (70) in der äußeren Sammelkammer einen röhrenförmigen äußeren Pässeinsatz (78) und der Auslass (50) in der inneren Sammelkammer (48) einen röhrenförmigen inneren Pässeinsatz (80) beinhaltet.

7. Leiteinrichtung nach Anspruch 6, wobei: der vordere und der mittlere Kanal (62, 68) Verwirbelungselemente (76) entlang innerer Oberflächen der Druck- und der Saugseite (54, 56) beinhaltet; und der hintere Kanal (64) frei von Verwirbelungselementen ist.

8. Leiteinrichtung nach Anspruch 6, die ferner mehrere Leitschaufeln (38) aufweist, die an gegenüberliegenden Enden mit dem Außen- und dem Innenband (40, 42) verbunden sind, wobei jede der Leitschaufeln mit der äußeren und der inneren Sammelkammer (44, 48) in Strömungsverbindung angeordnet ist.

9. Leiteinrichtung nach Anspruch 6 in Verbindung mit einer Hochdruckturbine (22), die stromaufwärts von der Leiteinrichtung (32) angeordnet ist, und einer Niederdruckturbine (26), die stromabwärts von der Leiteinrichtung (32) angeordnet ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

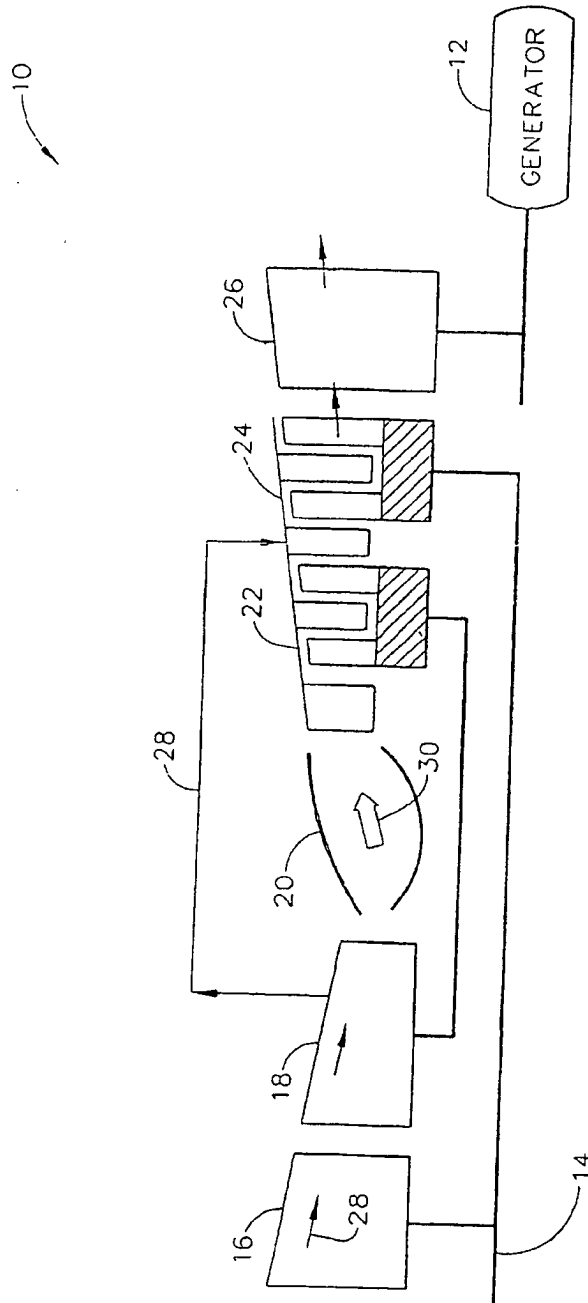


FIG. 1

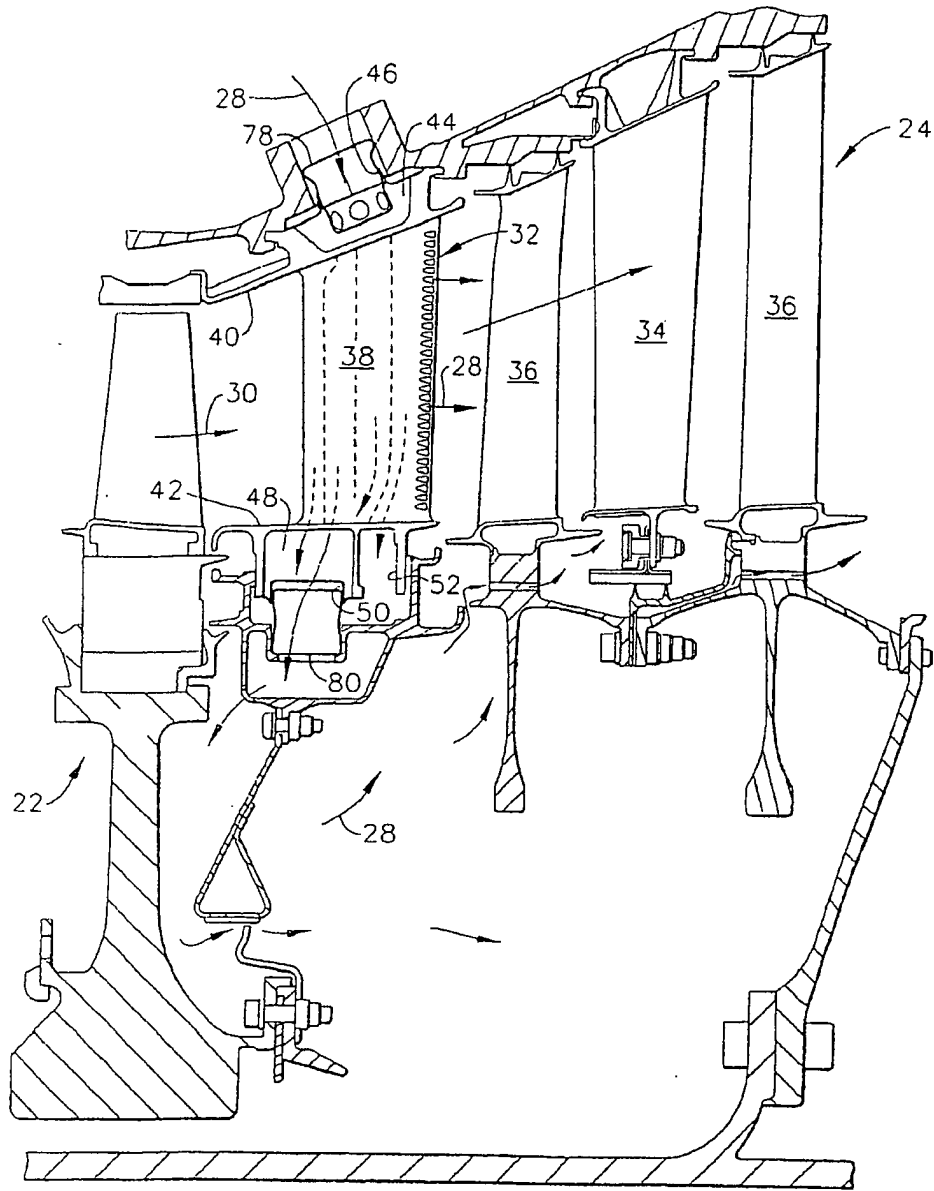


FIG. 2

14

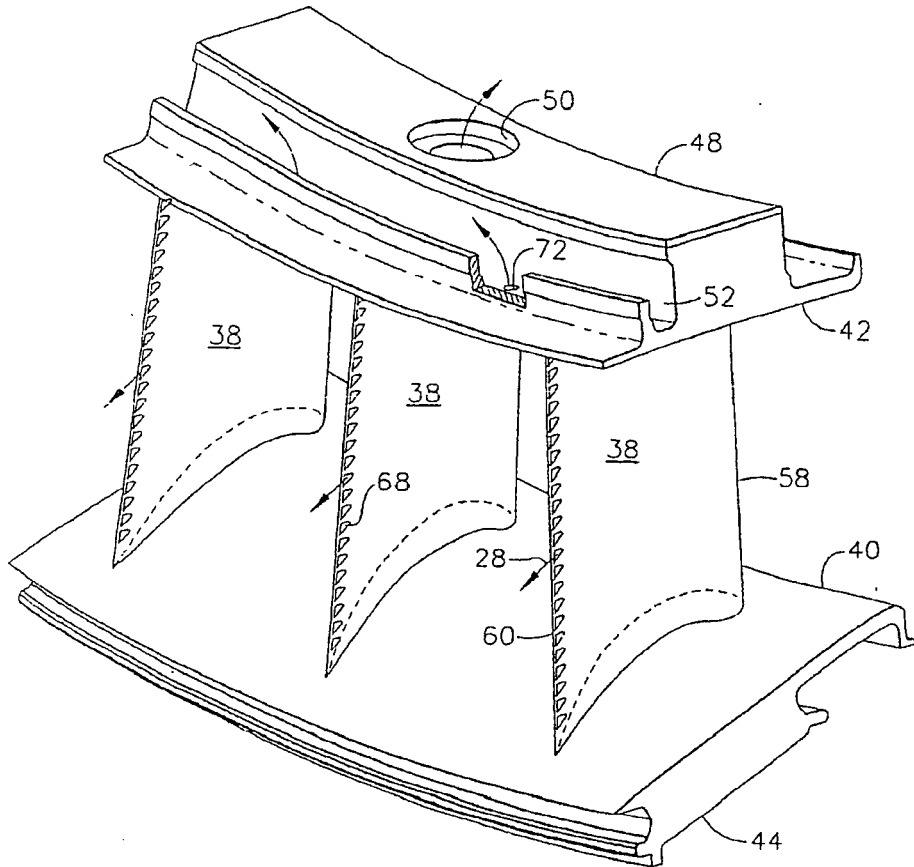


FIG. 3

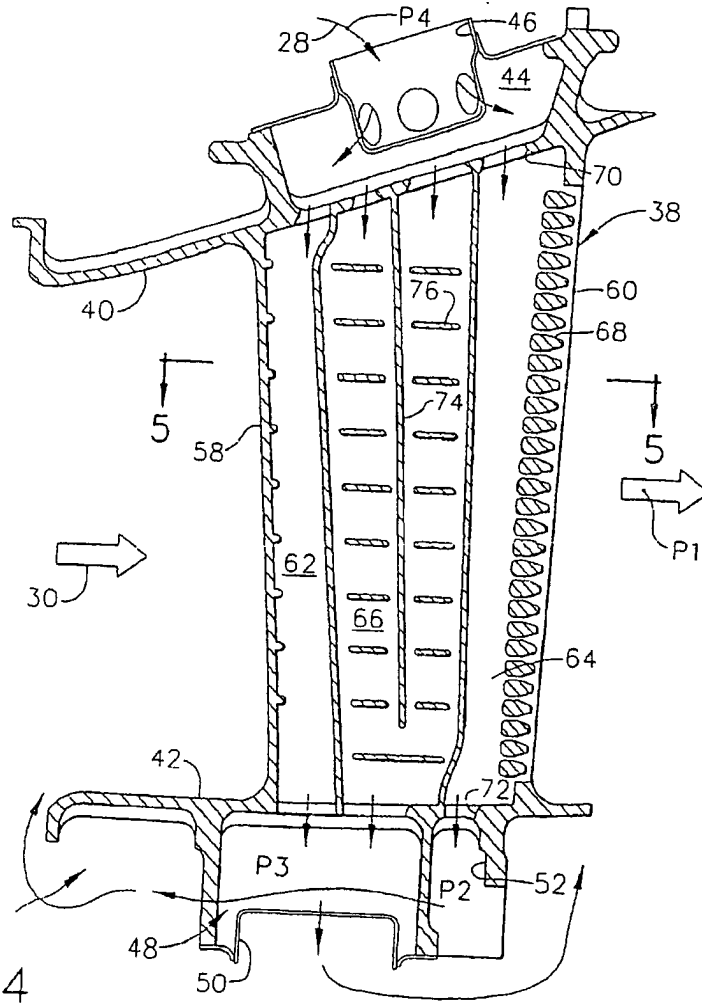


FIG. 4

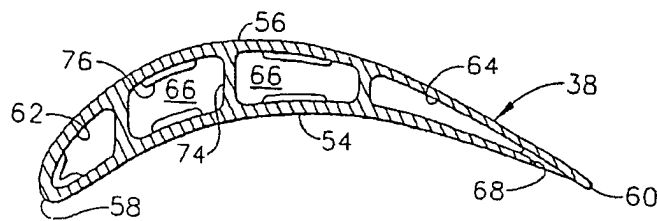


FIG. 5